Chemische Untersuchungen über Bohnerztone und afrikanische Erden.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER

PHILOSOPHISCHEN DOKTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT

ZU

FREIBURG IM BREISGAU

VON

ROBERT SCHWARZ

AUS

BERLIN.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

FREIBURG i. B.
SPEYER & KAERNER
Universitätsbuchhandlung.
1910.

Prodekan:

Geh. Rat Professor Dr. Lüroth.

Referent:

Professor Dr. Gattermann.

Druck von A. Bonz' Erben in Stuttgart.

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543125_0032

Alle Gesteine, die dem Einfluß der Atmosphärilien ausgesetzt sind, erfahren im Laufe der Zeiten eine Veränderung, die man als Verwitterung bezeichnet. Sie besteht teils in einer mechanischen Zerstörung des Gesteins, teils in einer chemischen Umwandlung aller oder doch einiger der das Gestein zusammensetzenden Mineralien. Über die chemische und mineralogische Natur der aus der bei weitem wichtigsten Mineralklasse, den Silikaten, hervorgehenden Verwitterungsprodukte herrscht noch große Unklarheit. Viele von ihnen sind jedenfalls Kolloidstoffe. Ob es sich aber um einfache Gemenge von Kieselsäure mit den Hydroxyden des Eisens und Aluminiums handelt, oder ob wir es mit Absorptionsverbindungen oder schließlich mit echten chemischen Verbindungen zu tun haben, ist noch durchaus zweifelhaft.

Der erste, der die hier auftauchenden Fragen klar erkannt und auch bereits einen Weg zu ihrer Lösung gewiesen hat, ist van Bemmelen[1]. Nach ihm handelt es sich um die Beantwortung folgender Fragen:

Stehen Kieselsäure und Tonerde in den Verwitterungssilikaten in bestimmten einfachen Verhältnissen zu einander oder sind diese unbestimmt, mit anderen Worten: enthalten die Verwitterungssilikate bestimmte chemische

---

[1] Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte der Silikate in Ton, vulkanischen und Lateritböden. Zeitschrift für anorg. Chemie 42, 265 (1904). — Die verschiedenen Arten der Verwitterung der Silikatgesteine in der Erdrinde. Ebda 66, 322 (1910).

Verbindungen von Kieselsäure und Tonerde oder nur Gemenge beider? Enthält das Verwitterungssilikat außerdem noch Erdalkalien oder Alkalien? In welcher Form findet sich das Eisenoxyd darin?

Eine Antwort auf diese Fragen ist möglich durch die Untersuchung der Löslichkeit der einzelnen Bestandteile in verschiedenen Lösungsmitteln, Säuren und Laugen von verschiedener Stärke und bei verschiedener Temperatur und Dauer der Einwirkung. Alle früher in großer Zahl ausgeführten Bausch- und Teilanalysen von Verwitterungsprodukten (Erdböden) sind für die Beantwortung der oben gestellten Fragen wertlos, weil man dabei nicht berücksichtigt hat, daß bei der Zersetzung mit Salzsäure sich nur ein Teil der Kieselsäure aus den zersetzten Silikaten löst, der Rest aber bei dem unlöslichen Rückstand zurückbleibt. Man muß daher diesen Rückstand nochmals mit Natronlauge ausziehen, um auch diesen Teil der Kieselsäure zu lösen.

Aus seinen eigenen Untersuchungen konnte van Bemmelen folgende Schlüsse ziehen:

Bei dem in Salzsäure löslichen Teil alluvialer plastischer Tonböden schwankt das Verhältnis von Kieselsäure zu Tonerde von 1 bis 5. Bei dem in konzentrierter Schwefelsäure löslichen Teil derselben Tone schwankt es um 2 herum. Die Gleichmässigkeit in der Zusammensetzung solcher Böden ist wohl darauf zurückzuführen, daß sie sich nicht mehr an ihrem Ursprungsort befinden, sondern gewissermaßen einer Schlämmung unterworfen sind.

Bei den aus vulkanischen Gesteinen hervorgegangenen Padasböden Javas läßt sich durch verdünnte Säuren und Laugen ein sehr tonerdereicher Bestandteil ausziehen; zuweilen scheint auch freie Kieselsäure darin vorzukommen. Daß lateritische Böden mehr oder weniger große Mengen von freiem Tonerdehydrat in der Form des Hydrargillits enthalten, war früher schon von

M. Bauer[1] beobachtet worden. In dem durch Schwefelsäure zersetzbaren Teil dieser Böden, der aber verhältnismäßig klein ist, ist das Verhältnis von Kieselsäure zu Tonerde ebenfalls 2.

In anderen vulkanischen Böden verhielt sich der in Salzsäure lösliche Teil ähnlich, bei den in Schwefelsäure löslichen Silikaten wurde jedoch das Verhältnis von Kieselsäure zu Tonerde gleich 3—4 gefunden.

Basische Oxyde (MgO, CaO, Na_2O, K_2O) sind nach van Bemmelen zwar in den Verwitterungssilikaten enthalten, doch sind ihre Mengen zu klein und wechselnd, um bestimmte Schlüsse daraus ziehen zu können. Etwas größere Bedeutung haben nur MgO und K_2O. Mit fortschreitender Verwitterung nimmt die Menge dieser Basen ab.

Van Bemmelen unterscheidet drei Arten von Verwitterung von Silikaten: 1. die sogenannte gewöhnliche Verwitterung; 2. die kaolinische Verwitterung und 3. die lateritische Verwitterung.

Die gewöhnliche Verwitterung führt zu einem, wahrscheinlich kolloidalen Produkt, in dem das Verhältnis von Kieselsäure zu Tonerde etwa 3—5 ist; dieses Verwitterungssilikat ist in Salzsäure leicht löslich.

Bei der kaolinischen Verwitterung entsteht eine, wahrscheinlich mikrokristallinische Verbindung, in der sich Kieselsäure zu Tonerde wie 2:1 verhält.

Bei der lateritischen Verwitterung endlich wird freies, kristallinisches Tonerdehydrat in der Form des Hydrargillits abgeschieden.

Im hiesigen Laboratorium wurden ebenfalls mehrere Arbeiten ausgeführt, aus denen sich einige Schlüsse über die Natur der Verwitterungssilikate ziehen lassen.

---

[1] M. Bauer, Beiträge zur Geologie der Seyschellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterits. Neues Jahrbuch für Min. Geol. und Pal. 1898 II. 163.

R. Lenz[1] hat u. a. einen sog. Laterit von Sumatra untersucht, der aus einem miocänen Ton hervorgegangen ist. Die Analyse ergab, daß es gar kein eigentlicher Laterit war, da freie Tonerde nicht aufgefunden werden konnte. Das Verhältnis von Tonerde zu Kieselsäure wurde in dem in Salzsäure löslichen Teil wie 1 : 1,5 gefunden; während es in dem durch konzentrierte Schwefelsäure zersetzbaren Teil gleich 1 : 2 war. Ein aus einem silurischen Sandstein hervorgegangener sogen. Laterit enthielt ebenfalls keine freie Tonerde, war also auch kein echter Laterit. Bei ihm war das Verhältnis Tonerde zu Kieselsäure sowohl in dem in Salzsäure, wie in dem in Schwefelsäure löslichen Teil wie 1 : 2.

Br. Fach[2] hat eine Anzahl Roterden und Bohnerztone untersucht. Für den durch konzentrierte Schwefelsäure zersetzbaren Anteil wurde bei vier von sechs untersuchten Fällen das Verhältnis Tonerde zu Kieselsäure wie 1 : 2 gefunden, bei zwei Tonen war es 1 : 1,5. In dem in Salzsäure löslichen Teil war es einmal 1 : 1; bei den übrigen Roterden und Tonen waren so große Mengen basischer Oxyde vorhanden, daß deren Berücksichtigung oder Vernachlässigung die Verhältniszahl erheblich beeinflußte. Da man nun nicht weiß, wieviel Kieselsäure an diese Oxyde gebunden ist, läßt sich über das Verhältnis von Tonerde zu Kieselsäure nichts bestimmtes aussagen.

H. G. Schering[3] hat mehrere Proben von frischem und verlehmtem Löß, sowie einen aus Gneis hervorgegangenen Lehm analysiert. Die großen Mengen basischer Oxyde, die sowohl in dem in Salzsäure lös-

---

[1] Rudolf Lenz, Chemische Untersuchungen über Laterite. Dissertation Freiburg i. Br. 1908.

[2] Bruno Fach, Chemische Untersuchungen über Roterden und Bohnerztone. Dissertation Freiburg i. Br. 1908.

[3] H. G. Schering, Chemische Untersuchungen über Löß und Lehm. Dissertation Freiburg i. Br. 1909.

lichen, wie auch in dem durch Schwefelsäure zersetzbaren Teil vorhanden waren, erlauben es einstweilen auch hier noch nicht, ein bestimmtes Verhältnis von Tonerde zu Kieselsäure anzugeben.

In der vorliegenden Arbeit habe ich auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Meigen versucht, einen weiteren Beitrag zur Kenntnis der Verwitterungssilikate zu liefern, indem ich zwei aus der Nähe von Freiburg stammende Bohnerztone, sowie mehrere Bodenproben aus Kamerun untersuchte. Die letzteren verdanke ich Herrn Prof. Dr. Jentsch in Hann.-Münden, dem ich auch an dieser Stelle für die gütige Überlassung meinen besten Dank ausspreche.

Bevor ich auf die Untersuchung der Proben eingehe, sei kurz einiges über die angewandten Arbeitsmethoden vorausgeschickt.

Zur Bauschanalyse wurde eine Durchschnittsprobe mit Natriumkarbonat aufgeschlossen und jeder einzelne Bestandteil in der üblichen Weise bestimmt. Der Ammoniak-Niederschlag wurde nach der Wägung mit Kaliumpyrosulfat aufgeschlossen und das Eisen nach Reduktion durch Schwefelwasserstoff mit Kaliumpermanganat titriert. In der gleichen Lösung wurde die Titansäure kolorimetrisch bestimmt. Das Aluminiumoxyd wurde aus der Differenz berechnet. Die Alkalien wurden durch Aufschließung mit Calciumkarbonat und Ammoniumchlorid bestimmt. Das hygroskopische Wasser wurde durch mehrstündiges Erhitzen einer Probe auf 110°, das gebundene Wasser durch Glühen vor dem Gebläse festgestellt. Neben der Bauschanalyse wurde stets der in fünfprozentiger oder konzentrierter Salzsäure lösliche Anteil, in einigen Fällen auch der unlösliche Teil, analysiert. Zu diesem Zwecke wurde eine Probe etwa zwei Stunden mit der Salzsäure gekocht, die Lösung durch ein Filter gegossen und der ungelöste Teil nach mehrmaligem Auswaschen mit Wasser einige Minuten mit Natronlauge erwärmt, um die bei der Zersetzung abgeschiedene Kieselsäure zu lösen. Die alkalische Lösung wurde getrennt aufgefangen und analysiert, um in der salzsauren Lösung eine Bestimmung der Alkalien zu ermöglichen. Die Bestimmung des in

Schwefelsäure unlöslichen Teiles wurde nach der von Sabeck[1] angegebenen Vorschrift für die rationelle Tonanalyse ausgeführt. Ferner wurde eine Probe mit fünfprozentiger Natronlauge auf dem Wasserbade etwa zwei Stunden erwärmt, und die Lösung untersucht.

[1] Sabeck, Beiträge zur Kenntnis der rationellen Analyse der Tone. Die Chemische Industrie 25, 90 (1902).

Bohnerzton von Herbolzheim.

Der Bohnerzton findet sich in Spalten und Klüften des Hauptrogensteins in der Nähe von Herbolzheim nördlich von Freiburg. In dem Ton sind in früheren Jahren reiche Funde von Zähnen und Knochen von Wirbeltieren, hauptsächlich von *Mastodon longirostris* und *Rhinoceros incisivus* gemacht worden [1]. Hieraus ergibt sich ein frühpliocänes Alter. Der Ton stellt eine braun gefärbte, sehr plastische Masse dar.

Zur Bestimmung der Korngrösse wurden 25 g Ton im Schöneschen Apparat geschlämmt. Um die einzelnen Tonteilchen von einander zu lösen, mußte die Masse im feuchten Zustand mit den Fingern zerdrückt und die trübe Lösung in den Schlämmtrichter abgegossen werden. Nur auf diese Weise ist es möglich, den wirklichen Feinheitsgrad zu erhalten. Der bei 0,2 mm Schlämmgeschwindigkeit übergehende Anteil wurde aus der Differenz bestimmt, da er sich nur sehr langsam und auch nur teilweise absetzt, während der Rest eine kolloidale Lösung bildet. Die Schlämmanalyse ergab folgende Zahlen:

Schlämmgeschwindigkeit			
0,2 mm	23,62 g	=	94,49 %
2 „	0,36 g	=	1,43 %
7 „	0,24 g	=	0,96 %
25 „	0,27 g	=	1,08 %
Rückstand	0,51 g	=	2,04 %

[1] G. Steinmann, Über Pleistocän und Pliocän in der Umgegend von Freiburg i. Br. Mitteil. d. Großh. Bad. Geolog. Landesanstalt 2.69 (1893).

Nach der üblichen Annahme ergeben sich hieraus folgende Korngrößen:

Sand			Tonhaltige Teile	
über 0,2 mm	0,1 – 0,2 mm	0,05—0,1 mm	0,01—0,05 mm	unter 0,01 mm
2,04	1,08	0,96	1,43	94,49
4,08			95,92	

Fast das gesamte Eisenoxyd ist in dem allerfeinsten Anteil enthalten. Die übrigen Anteile bestehen hauptsächlich aus Quarz. Der Schlämmrückstand enthielt daneben noch einige klare Spaltungsstücke von Kalkspat und etwas Kalkspatschrot, das zum Teil rötlich gefärbt war; ferner wenige Partikel von dunklen Eisen- und Manganoxyden. In den feineren Anteilen zeigten sich neben Quarz etwas Feldspat und einzelne Glimmerblättchen. Ganz vereinzelt wurden auch Turmalin- und Zirkonkriställchen beobachtet. Beim Erwärmen mit Flußsäure bleibt nur ein sehr kleiner Rückstand, in dem Turmalin und Zirkon sehr angereichert ist; daneben kommt auch Rutil vor.

Die Analyse des luftrockenen Tons ergab folgende Zahlen:

SiO_2	43,33
TiO_2	1,00
Al_2O_3	22,32
Fe_2O_3	12,61
MnO	Spuren
MgO	1,32
CaO	2,15
Na_2O	0,38
K_2O	1,57
CO_2	0,73
H_2O (geb.)	8,55
H_2O (110°)	6,52
	100,48

1,3316 g Sbst.: 0,5770 g SiO_2; 0,4784 g R_2O_3, davon 0,1679 g Fe_2O_3 und 0,0133 g TiO_2; 0,0286 g CaO; 0,0484 g $Mg_2P_2O_7$.

0,9874 g Sbst. verloren beim Erhitzen auf 110° 0,0644 g H_2O, der gesamte Glühverlust betrug 0,1560 g.

0,4978 g Sbst.: 0,0150 g KCl + NaCl; 0,0402 g K_2PtCl_6.

10,000 g Sbst.: 0,0731 g CO_2.

Auf die bei 110° getrocknete Substanz umgerechnet, erhält man folgende Werte:

SiO_2	46,35
TiO_2	1,07
Al_2O_3	23,88
Fe_2O_3	13,49
MnO	Spuren
MgO	1,41
CaO	2,30
Na_2O	0,41
K_2O	1,68
CO_2	0,76
H_2O	9,17
	100,52

Ferner wurde die Zusammensetzung des in verdünnter Salzsäure löslichen Anteiles bestimmt:

	lufttrocken	bei 110° getrocknet
SiO_2	7,51	8,03
TiO_2	Spuren	Spuren
Al_2O_3	6,92	7,40
Fe_2O_3	12,63	13,51
MgO	Spuren	Spuren
CaO	1,35	1,44
Na_2O	0,20	0,21
K_2O	0,50	0,54
CO_2	0,73	0,76
H_2O	6,26	6,72
	36,10	38,61

1,0812 g Sbst.: 0,0812 g SiO_2; 0,2114 g R_2O_3, davon 0,1366 g Fe_2O_3; 0,0146 g CaO.

1,0018 g Sbst.: 0,0118 g NaCl + KCl; 0,0260 g K_2PtCl_6.

1,0006 g Sbst.: 0,3254 g unlöslicher wasserfreier Rückstand. 0,1648 g des bei 110° getrockneten Rückstandes verloren beim Glühen 0,0166 g.

Vergleicht man die Zahlen der Bauschanalyse mit der Zusammensetzung des in Salzsäure löslichen Teils, so sieht man, daß alles Eisen in Salzsäure löslich ist. Man pflegt in diesem Falle anzunehmen, daß es als freies Oxyd oder Hydroxyd vorliegt. Eine direkte Bestätigung für diese Annahme wäre jedoch sehr wünschenswert. Eine solche schien möglich, indem man das Eisenoxyd im Wasserstoffstrom reduziert und wie bei der von Rivot angegebenen Methode zur Bestimmung von Eisen und Aluminium, aus dem Sauerstoffverlust die Menge des freien Oxyds berechnet. Es wurden daher mehrere Proben der im Achatmörser fein zerriebenen Substanz im Roseschen Tiegel zunächst zur Entfernung des freien und gebundenen Wassers vor dem Gebläse geglüht und dann im Wasserstoffstrom reduziert. Hierbei wurden folgende Zahlen erhalten:

	Angewandte Substanz in g	Gewichtsverlust in g	Fe_2O_3 %
1.	1,1978	0,0184	5,11
2.	1,2948	0,0186	4,78
3.	2,0286	0,0292	4,79
4.	2,0024	0,0286	4,74
5.	1,9910	0,0306	5,12

Es ist also nicht einmal die Hälfte des in dem Bohnerzton vorhandenen Eisenoxyds reduziert worden. Da dies auf einer mangelhaften Einwirkung des Wasserstoffs beruhen konnte, wurde bei zwei weiteren Reduktionsversuchen in etwas anderer Weise verfahren. Die geglühte Substanz wurde nochmals fein zerrieben und dann

in einem Porzellanschiffchen in dünner Schicht im Wasserstoffstrom erhitzt.

0,3186 g geglühte Substanz: 0,0128 g Sauerstoffverlust = 0,0423 g Fe_2O_3 = 13,37 %; auf luftrockene Substanz bezogen = 11,55 %.

0,4098 g geglühte Substanz: 0,0170 g Sauerstoffverlust = 0,05879 g Fe_2O_3 = 14,35 %; auf luftrockene Substanz bezogen = 12,39 %.

Auf diese Weise ist es also möglich, fast alles Eisenoxyd zu reduzieren, woraus man wohl mit Recht schließen darf, daß es in dem ursprünglichen Ton wirklich frei vorhanden ist.

Ferner wurde der in fünfprozentiger Natronlauge lösliche Teil bestimmt:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	4,58	4,90
Al_2O_3	4,26	4,56

1,9996 g Sbst.: 0,0916 g SiO_2 und 0,0852 g Al_2O_3.

Schließlich wurde noch eine sogenannte rationelle Tonanalyse ausgeführt, die für den in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Teil folgende Zusammensetzung ergab:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	9,01	9,65
Al_2O_3	0,08	0,09
MgO	Spuren	Spuren
CaO	0,08	0,09
K_2O	0,40	0,42
in HF unlösl.	0,17	0,17

5,0024 g Sbst.: 0,4872 g unlösl. Rückst.; darin 0,0040 g Al_2O_3; 0,0040 g CaO und 0,0314 g KCl.

Aus den vorstehend angegebenen Analysenzahlen berechnen sich für die einzelnen Bestandteile folgende Molekularverhältnisse:

	Bausch-analyse	in HCl lösl.	in H_2SO_4 lösl.	in H_2SO_4 unlösl.	in NaOH lösl.
SiO_2	0,7725	0,1338	0,4779	0,1608	0,0817
TiO_2	0,0134	—	0,0134	—	—
Al_2O_3	0,2341	0,0725	0,1607	0,0009	0,0447
Fe_2O_3	0,0843	0,0843	—	—	—
MgO	0,0352	—	0,0352	—	—
CaO	0,0411	0,0257	0,0138	0,0116	—
Na_2O	0,0066	0,0035	0,0031	—	—
K_2O	0,0179	0,0057	0,0077	0,0045	—
CO_2	0,0173	0,0173	—	—	—
H_2O	0,5094	0,3733	0,1361	—	—

Der durch konzentrierte Schwefelsäure nicht zersetzbare Rückstand besteht vorzugsweise aus Quarz, der etwa 8—9% des ursprünglichen Tons ausmacht; daneben sind noch eine geringe Menge Feldspat und andere alkalireiche Silikate vorhanden.

Der in konzentrierter Schwefelsäure lösliche Teil enthält eine auffallend große Menge basischer Oxyde; es müssen also ziemlich viel Alkali- und Erdalkalisilikate vorhanden sein, die nicht durch Salzsäure, wohl aber durch Schwefelsäure zersetzbar sind. Da die mikroskopische Untersuchung keinen bestimmten Anhalt für die Natur dieser Silikate ergab, bleibt auch die weitere Berechnung unsicher, solange man nicht weiß, wieviel Tonerde und Kieselsäure auf diese Silikate kommt. Wahrscheinlich handelt es sich um glimmerähnliche Verbindungen. Ob daneben noch Kaolin oder ein ähnliches Tonerdesilikat vorhanden ist, läßt sich einstweilen noch nicht entscheiden.

Ganz das Gleiche gilt auch für den in Salzsäure löslichen Teil. Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ ist sowohl im ganzen, wie auch für den in Natronlauge löslichen Anteil annähernd 1 : 2. Das Eisenoxyd liegt wohl ausschließlich in Form von Brauneisenerz vor. Außerdem sind noch etwa 1,7% Calciumkarbonat vorhanden.

Da die Verwitterungsprodukte die feinsten Teilchen des Tones bilden, wurde versucht, sie durch Schlämmen anzureichern. Zu diesem Zwecke wurde der Ton im Schöneschen Apparate abgeschlämmt und der bei einer Schlämmgeschwindigkeit von 0,6 mm übergehende Teil untersucht. Die Bauschanalyse ergab folgende Werte:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	42,52	44,89
TiO_2	0,92	0,97
Al_2O_3	23,20	24,59
Fe_2O_3	12,90	13,62
MgO	1,02	1,07
CaO	1,47	1,55
Na_2O	0,35	0,37
K_2O	2,04	2,16
H_2O (geb.)	9,35	9,87
H_2O (110°)	5,27	—
	99,13	99,09

1,0202 g Sbst.: 0,1338 g SiO_2; 0,3786 g R_2O_3, davon 0,1316 g Fe_2O_3 und 0,0094 TiO_2; 0,0150 g CaO; 0,0286 g $Mg_2P_2O_7$.

0,4978 g Sbst.: 0,0194 g $NaCl + KCl$; 0,0524 g K_2PtCl_6.

1,2146 g Sbst.: 0,0640 g H_2O bei 110° fortgehend; 0,1776 g Gesamtglühverlust.

Vergleicht man diese Zahlen mit der Analyse des ungeschlämmten Tones, so sieht man, daß tatsächlich eine, wenn auch nur geringe Anreicherung der Tonerdesilikate stattgefunden hat. Ebenso hat der Kaligehalt erheblich zugenommen. Die Menge des Eisenoxyds ist fast unverändert geblieben. Die Abnahme der Magnesia und des Kalks ist wohl auf das Zurückbleiben der Karbonate beim Schlämmen zurückzuführen.

Da zu erwarten stand, daß diese Veränderungen bei dem in Salzsäure unlöslichen Teil noch deutlicher zum Ausdruck kommen würden, wurde eine größere

Menge Ton mit konzentrierter Salzsäure ausgezogen, die lösliche Kieselsäure mit Natronlauge entfernt und der Rückstand ebenfalls bei 0,6 mm Geschwindigkeit geschlämmt. Die Analyse des Schlämmproduktes ergab folgende Zahlen:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	58,13	60,10
TiO_2	1,45	1,50
Al_2O_3	24,53	25,36
MgO	0,83	0,85
CaO	0,34	0,35
Na_2O	0,51	0,53
K_2O	3,06	3,16
H_2O (geb.)	8,55	7,81
H_2O (110°)	3,28	—
	99,69	99,66

1,1764 g Sbst.: 0,6838 g SiO_2; 0,2886 g Al_2O_3 und 0,0170 g TiO_2; 0,0040 g CaO; 0,0268 g $Mg_2P_2O_7$.

0,5006 g Sbst.: 0,0290 g KCl + NaCl; 0,0788 g K_2PtCl_6.

1,0462 g Sbst.; 0,0344 g H_2O bei 110° fortgehend; 0,0790 g weitere Abnahme beim Glühen.

Von diesem abgeschlämmten Teil wurde ferner eine rationelle Analyse ausgeführt:

	lufttrocken	bei 110° getr.
SiO_2	18,12	18,74
Al_2O_3	0,13	0,14
K_2O	0.21	0,21
	18,46	19,09

4,9956 g Sbst.; 0,9224 g unlösl. Rückstand; darin 0,0066 g Al_2O_3 und 0,0162 g KCl.

Berechnet man aus diesen Zahlen die Molekularverhältnisse, so erhält man folgende Werte:

	Bauschanalyse	in H_2SO_4 lösl.	in H_2SO_4 unlösl.
SiO_2	1,0017	0,6893	0,3124
TiO_2	0,0187	0,0187	—
Al_2O_3	0,2487	0,2473	0,0014
MgO	0,0212	0,0212	—
CaO	0,0062	0,0062	—
Na_2O	0,0085	0,0085	—
K_2O	0,0336	0,0314	0,0022
H_2O	0,4339	0,4339	—

Die geringe Menge von Tonerde und Alkali in dem in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Teile ist wohl auf Feldspat zurückzuführen, von dem etwa 1% vorhanden ist. Die Hauptmenge besteht auch hier aus Quarz, dessen Menge auf 18% gestiegen ist; er hat sich also durch die Entfernung der in Salzsäure löslichen Bestandteile, besonders aber durch das Schlämmen erheblich angereichert.

In dem durch Schwefelsäure zersetzbaren Teile haben die Alkalien, besonders das Kali, sehr bedeutend zugenommen, während der Gehalt an Erdalkalien beträchtlich gesunken ist. Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 3$ ist ungefähr dasselbe wie in dem entprechenden Anteil des ursprünglichen Tons.

Bohnerzton von Ebringen.

Der Bohnerzton findet sich in den Klüften eines kleinen Steinbruchs im Hauptrogenstein bei Ebringen am Fuße des Schönbergs unweit Freiburg. Seine Farbe ist tiefbraun. In feuchtem Zustand ist er ziemlich stark plastisch. Beim Schlämmen verhält er sich ebenso wie der Ton von Herbolzheim. Der Rückstand enthielt einige Bohnerzkörnchen, sowie etwas Kalkspat. Nach Entfernung des Eisenhydroxyds und der tonigen Teile bestand der Rest vorzugsweise aus Quarz; daneben war etwas Feldspat und Glimmer vorhanden. Wurde der Quarz in Flußsäure gelöst, so hinterblieb ein sehr geringer Rückstand, in dem reichlich Zirkon, Turmalin und Rutil enthalten war. Die Bauschanalyse ergab folgende Zusammensetzung:

	lufttrocken	bei 110° getr.
SiO_2	40,75	45,23
TiO_2	0,62	0,68
Al_2O_3	20,51	22,77
Fe_2O_3	13,87	15,40
MgO	1,62	0,79
CaO	2,05	2,27
Na_2O	0,71	1,79
K_2O	2,55	2,84
H_2O (geb.) + CO_2	8,08	8,76
H_2O (110°)	9,91	—
	100,67	100,73

1,0056 g Sbst.: 0,4098 g SiO_2; 0,3520 g R_2O_3, davon 0,1395 g Fe_2O_3 und 0,0062 g TiO_2; 0,0206 g CaO; 0,0448 g $Mg_2P_2O_7$.

0,4986 g Sbst.: 0,0268 g KCl + NaCl; 0,0656 g K_2PtCl_6.

1,0030 g Sbst.: 0,0994 g H_2O bei 110° fortgehend; 0,0810 g weiterer Verlust beim Glühen.

Der in konzentrierter Salzsäure lösliche Anteil hatte folgende Zusammensetzung:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	28,91	32,09
TiO_2	Spuren	Spuren
Al_2O_3	17,79	19,74
Fe_2O_3	13,18	14,63
MgO	1,03	1,14
CaO	1,91	2,13
Na_2O	0,21	0,23
K_2O	0,42	0,47
H_2O	—	—

1,0030 g Sbst.: 0,2900 g SiO_2; 0,3106 g R_2O_3, davon 0,1322 g Fe_2O_3; 0,0192 g CaO; 0,0284 g $Mg_2P_2O_7$.

1,9034 g Sbst.: 0,0223 g NaCl + KCl; 0,0459 g K_2PtCl_6.

Der Ton ist somit zum bei weitem größten Teil in Salzsäure löslich. Besonders bemerkenswert ist die große Löslichkeit der Kieselsäure, zumal wenn man sie mit den entsprechenden Zahlen bei dem Herbolzheimer Ton vergleicht.

In fünfprozentiger Natronlauge lösten sich

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	5,48	6,09
Al_2O_3	2,12	2,35

2,0026 g Sbst.: 0,1098 g SiO_2; 0,0424 g Al_2O_3.

Wie bei dem Bohnerzton von Herbolzheim, so wurde auch bei diesem Ton die Bestimmung des freien

Eisenoxydes versucht. Auch hier wurden zunächst unregelmässige und zu niedrige Werte erhalten, doch gelang es wenigstens in einem Falle das Eisenoxyd fast quantitativ zu reduzieren.

0,4080 g Sbst.: 0,0204 g Sauerstoffverlust.

Dies entspricht einem Eisenoxydgehalt von 16,64 % der wasserfreien oder 15,18 % der bei 110° getrockneten Substanz.

Berechnet man aus diesen Zahlen die Molekularverhältnisse, so erhält man folgende Werte:

	Bauschanalyse	in HCl lösl.	in HCl unlösl.	in NaOH lösl.
SiO_2	0,7538	0,5348	0,2190	0,1015
TiO_2	0,0086	—	0,0085	—
Al_2O_3	0,2233	0,1935	0,0298	0,0230
Fe_2O_3	0,0962	0,0914	0,0048	—
MgO	0,0447	0,0285	0,0162	—
CaO	0,0405	0,0380	0,0025	—
Na_2O	0,0127	0,0037	0,0090	—
K_2O	0,0302	0,0049	0,0253	—
H_2O	0,4867	—	—	—

Vergleicht man diese Zahlen mit den entsprechenden Werten bei dem Ton von Herbolzheim, so findet man, daß in dem in Salzsäure löslichen Teil des Ebringer Tones ein sehr viel kieselsäurereicheres Silikat enthalten sein muß als in dem entsprechenden Anteil des Herbolzheimer Tones. Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ ist bei dem Ebringer Ton annähernd 1 : 3, während es bei dem Ton von Herbolzheim 1 : 2 ist. Welcher Art dieses Silikat ist oder die Silikate sind, läßt sich einstweilen nicht entscheiden. Für den in Natronlauge löslichen Teil ist das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ sogar 1 : 4.

Zur weiteren Untersuchung wurde eine größere Menge des Tones mehrere Stunden mit konzentrierter Salzsäure gekocht, der Rückstand zur Lösung der abgeschiedenen Kieselsäure mit Natronlauge erwärmt, darauf mit Salzsäure und schließlich mit Wasser ausgewaschen. Von dem Rückstand wurde eine Bauschanalyse ausgeführt, die folgende Zusammensetzung ergab:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	66,30	68,80
TiO_2	1,22	1,26
Al_2O_3	13,08	13,57
Fe_2O_3	1,09	1,13
MgO	0,65	0,68
CaO	0,46	0,48
Na_2O	4,25	4,41
K_2O	2,80	2,91
H_2O (geb.)	7,40	2,91
H_2O (110°)	3,63	—
	100,88	100,92

1,0024 g Sbst.: 0,6646 g SiO_2; 0,1542 g R_2O_3, davon 0,0109 g Fe_2O_3 und 0,0122 g TiO_2; 0,0046 g CaO; 0,0180 g $Mg_2P_2O_7$.

1,0080 g Sbst.: 0,0366 g H_2O, bei 110° fortgehend; 0,0746 g weiterer Verlust beim Glühen.

0,4920 g Sbst.: 0,0612 g NaCl + KCl; 0,0710 g K_2PtCl_6.

Von der gleichen Substanz wurde ferner eine sog. rationelle Analyse ausgeführt:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	44,90	46,61
Al_2O_3	0,72	0,73
CaO	0,01	0,02
Na_2O	0,30	0,31
K_2O	0,44	0,45
	46,37	48,12

4,1186 g Sbst.: 1,9098 g unlöslicher Rückstand; davon 0,0298 g Al_2O_3; 0,0006 g CaO; 0,0518 NaCl + KCl; 0,0924 g K_2PtCl_6.

Für den in Salzsäure unlöslichen Teil ergeben sich folgende Molekularverhältnisse:

	Bausch-analyse	in konz. H_2SO_4 lösl.	in H_2SO_4 unlösl.
SiO_2	1,1467	0,3699	0,7768
TiO_2	0,0157	0,0157	—
Al_2O_3	0,1330	0,1258	0,0072
Fe_2O_3	0,0071	0,0071	—
MgO	0,0170	0,0170	—
CaO	0,0086	0,0082	0,0004
Na_2O	0,0711	0,0661	0,0050
K_2O	0,0310	0,0262	0,0048
H_2O	0,4267	0,4267	—

Berechnet man auch hier Alkali und Tonerde in dem durch konzentrierte Schwefelsäure nicht zersetzbaren Teil auf Feldspat, so ergibt dies etwa 3 %. Daneben bleiben 45 % Quarz zurück.

Bei dem in Schwefelsäure löslichen Teil ist der hohe Natrongehalt wohl auf ein nicht genügendes Auswaschen des Tons nach der Behandlung mit Natronlauge zurückzuführen. Das Auswaschen größerer Mengen solcher tonigen Stoffe ist außerordentlich schwierig und kann nur durch wiederholtes Abgießen ausgeführt werden, was bei dem langsamen Absitzen des Tones sehr viel Zeit erfordert. Wenn wir auch von dem Natron ganz absehen, so bleiben doch noch eine beträchtliche Menge Alkali und Erdalkalisilikate übrig. Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ ist auch hier 1 : 3.

Vergleicht man die Zusammensetzung der beiden vorstehend beschriebenen Tone mit einander und mit

den von Fach[1] analysierten Tonerden und Bohnerztonen, so erkennt man zunächst, daß sie einander sehr ähnlich sind. Sie schließen sich in ihrem Verhalten, ebenso wie die von Fach untersuchten Bohnerztone von Nimburg und Emmendingen viel mehr an die Roterden an, als an die echten Bohnerztone, wie sie z. B. im Jura vorkommen.

[1] Bruno Fach, Chem. Untersg. über Roterden und Bohnerztone. Inaug.-Dissert. Freiburg 1908.

Bodenproben von Kamerun.

Probe I.

„Kamerun. Entnommen der forstlichen Probefläche II (18. XI. 08) bei Johann-Albrechthöhe; lehner bis steiler Südosthang des den Elefantensee umschließenden kraterartigen Randgebirges, 223 m."

Die Erde ist dunkel gefärbt, humusreich, enthält aber verhältnismäßig wenig größere verkohlte Holzstückchen. Das Gesamtgewicht der Probe betrug 600 g.

Durch Sieben wurde sie in folgende Korngrößen getrennt:

über 2	mm	14,5 g =	2,4 %
1—2	„	50,1 „ =	8,4 %
0,5—1	„	45,8 „ =	7,6 %
unter 0,5	„ (Feinerde)	=	81,6 %

Der gröbste Anteil bestand vorwiegend aus bis zentimetergroßen abgerollten Stückchen eines vulkanischen Gesteins, die zum Teil sehr reich an Glimmer waren. Daneben ist in erheblicher Menge Quarz und etwas weniger Feldspat vorhanden. Außerdem zeigten sich einzelne Körner eines gelblich grünen Pyroxens. In den übrigen Proben waren neben überwiegendem Quarz die gleichen Mineralien zu bemerken.

Bei der Schlämmanalyse ergaben 25,00 g Feinerde folgende Zahlen:

Schlämmgeschwindigkeit

0,2 mm	6,731 g[1]	=	27,0 %
2,0 „	0,264 „	=	1,1 %
7,0 „	2,534 „	=	10,0 %
25,0 „	8,007 „	=	32,0 %
Rückstand	7,464 „	=	29,8 %

Die mechanische Analyse des Bodens hatte also folgendes Ergebnis:

Grand	Sand					Tonhaltige Teile	
über 2 mm	sehr grob 1–2 mm	grob 0,5–1 mm	fein 0,2–0,5 mm	sehr fein 0,1–0,2 mm	0,05–0,1 mm	Staub 0,01–0,05 mm	Feinstes unter 0,01 mm
	8,4	7,5	24,3	26,1	8,3	0,9	22,0
2,4	74,7					22,9	

Von der Feinerde (< 0,5 mm) wurde der in fünfprozentiger Salzsäure lösliche Anteil bestimmt. Da die Probe sehr reich an Humusstoffen war, wurde die salzsaure Lösung mit Wasserstoffsuperoxyd versetzt und längere Zeit zur Entfernung der organischen Stoffe gekocht. Die Analyse ergab folgende Werte:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	18,20	20,92
TiO_2	1,39	1,60
Al_2O_3	12,50	14,38
Fe_2O_3	0,01	9,21
MgO	0,04	0,004
CaO	0,87	1,00
Na_2O	0,21	0,24
K_2O	0,42	0,48
P_2O_5	0,16	0,18
	41,80	48,05

[1] aus der Differenz berechnet.

2,0016 g Sbst.: 0,3642 g SiO_2; 0,4418 g R_2O_3, davon 0,1604 g Fe_2O_3 und 0,0279 g TiO_2; 0,0174 g CaO; 0,0029 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0210 g NaCl + KCl und 0,0428 g K_2PtCl_6.

4,9960 g Sbst.: 0,0124 g $Mg_2P_2O_7$.

Die luftrockene Erde enthielt hykroskop. H_2O : 13,01 %; gebundenes Wasser und organische Stoffe : 14,26 %.

1,0056 g verloren bei 110° 0,1308 g H_2O und beim Glühen weitere 0,1434 g.

Ferner wurde eine Humusbestimmung ausgeführt, indem die Substanz in dem Dennstedt'schen Verbrennungsofen geglüht wurde.

0,3746 g gaben 0,1170 g CO_2 = 0,0319 g C = 8,52 %; daraus würde sich ein Gehalt an Humusstoffen von 14,71 % berechnen. Dieser Wert ist jedoch viel zu hoch, da ein erheblicher Teil, vielleicht die Hauptmenge, des Kohlenstoffs in freier Form vorhanden ist.

In fünfprozentiger Natronlauge waren löslich:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	5,09	5,95
Al_2O_3	2,07	2,38

1,9968 g Subst.: 0,1016 g SiO_2 und 0,0414 g Al_2O_3.

Aus den Analysenzahlen berechnen sich folgende Molekularverhältnisse:

	in HCl lösl.	in NaOH lösl.
SiO_2	0,3487	0,0975
TiO_2	0,0200	—
Al_2O_3	0,1410	0,0233
Fe_2O_3	0,0576	—
MgO	0,0010	—
CaO	0,0179	—
Na_2O	0,0039	—
K_2O	0,0051	—
P_2O_5	0,0013	—

In Natronlauge löste sich demnach ein sehr kieselsäurereiches Tonerdesilikat, falls nicht etwa sogar amorphe Kieselsäure vorliegt. Zieht man dies ab, so ist für den Rest der in Salzsäure löslichen Silikate das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2$.

Probe II.

„Kamerun. Entnommen der forstlichen Probefläche III bei Bekili in der Mukonje-Pflanzung am 27. XI. 08. Welliger, lateritischer Boden aus Gneis."

Diese Bodenprobe stellt eine schwach braungefärbte, nicht plastische und an Humusstoffen und Pflanzenresten arme Erde dar. Das Gesamtgewicht der Probe betrug 1545 g. Durch Sieben wurde sie in folgende Anteile zerlegt:

über 2 mm	4,6 g	= 0,3 %
1—2 „	177,0 „	= 11,5 %
0,5—1 „	138,0 „	= 8,9 %
unter 0,5 „ (Feinerde)	1225,4 „	= 79,3 %

25,00 g Feinerde wurden im Schöne'schen Apparat geschlämmt:

Schlämmgeschwindigkeit

0,2 mm	6,638 g[1]	= 26,6 %
2,0 „	2,958 „	= 11,8 %
7,2 „	2,471 „	= 9,9 %
25,0 „	6,799 „	= 27,2 %
Rückstand	6,133 „	= 24,5 %

[1]) aus der Differenz berechnet.

Die Zusammensetzung der Probe nach der Korngrösse ist demnach folgende:

Grand	Sand					Tonhaltige Teile	
über 2 mm	sehr grob 1—2 mm	grob 0,5—1 mm	fein 0,2—0,5 mm	sehr fein 0,1—0,2 mm	0,05—0,1 mm	Staub 0,01 - 0,05 mm	Feinstes unter 0,05 mm
	11,5	8,9	19,4	21,6	7,8	9,4	21,1
0,3	69,2					30,5	

Die gröberen Anteile bestehen vorzugsweise aus Quarz; daneben sind etwas Feldspat und einzelne Bohnerzkörnchen vorhanden.

Die Bauschanalyse der Feinerde ($< 0{,}5$ mm) ergab folgende Zusammmensetzung:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	78,35	79,66
TiO_2	0,87	0,88
Al_2O_3	9,51	9,67
Fe_2O_3	2,97	3,02
MgO	0,26	0,27
CaO	0,74	0,75
Na_2O	0,40	0,51
K_2O	2,65	2,70
P_2O	—	—
H_2O (geb.)	3,85	3,91
H_2O (110°)	1,64	—
	101,34	101,37

1,0014 g Sbst.: 0,7846 g SiO_2; 0,1336 g R_2O_3, davon 0,0297 g Fe_2O_3 und 0,0087 g TiO_2; 0,0074 g CaO; 0,0072 g $Mg_2P_2O_7$.

0,5022 g Sbst.: 0,0258 g NaCl + KCl: 0,0686 g K_2PtCl_6.
1,0020 g Sbst.: 0,0164 g H_2O, bei 110° fortgehend.
0,9986 g Sbst.; 0,0548 g Glühverlust.

Ferner wurde der in fünfprozentiger Salzsäure lösliche Anteil bestimmt:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	8,21	8,35
TiO_2	0,36	0,37
Al_2O_3	6,68	6,79
Fe_2O_3	2,73	2,77
CaO	0,12	0,12
Na_2O	0,34	0,34
K_2O	0,31	0,32
H_2O	3,50	3,55

1,0014 g Sbst.: 0,0822 g SiO_2; 0,0978 g R_2O_3, davon 0,0273 g Fe_2O_3 und 0,0036 g TiO_2; 0,0012 g CaO; 0,0114 g NaCl + KCl; 0,0162 g K_2PtCl_6.

Der in Salzsäure unlösliche Teil enthielt 0,35% (110°: 0,36%) gebundenes H_2O:

1,0014 g Sbst: 0,8056 g unlöslicher, wasserfreier Rückstand; 0,5044 g davon verloren beim Glühen 0,0022 g gebundenes H_2O.

Der in fünfprozentiger Natronlauge lösliche Anteil zeigte die Zusammensetzung:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	6,55	6,66
Al_2O_3	4,84	4,92

1,9946 g Sbst.: 0,1306 g SiO_2; 0,9966 g Al_2O_3.

Aus den erhaltenen Analysenzahlen ergeben sich folgende Molekularverhältnisse:

	Bausch-analyse	in HCl lösl.	in NaOH lösl.
SiO_2	1,3277	0,1392	0,1110
TiO_2	0,0110	0,0046	—
Al_2O_3	0,0948	0,0666	0,0482
Fe_2O_3	0,0189	0,0173	—
MgO	0,0067	—	—
CaO	0,0134	0,0021	—
Na_2O	0,0082	0,0055	—
K_2O	0,0287	0,0034	—

Fast die ganze Menge der in Salzsäure löslichen Tonerdesilikate löst sich auch in Natronlauge. In dem letzteren Teil ist das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2$ mit einem kleinen Überschuß an Kieselsäure. Das gleiche gilt für die Gesamtmenge der in Salzsäure löslichen Silikate. Der hohe Prozentgehalt an Kieselsäure in der Bauschanalyse ist auf den großen Quarzgehalt zurückzuführen.

Probe III.

„Kamerun. Entnommen der forstlichen Probefläche V bei Mundeck, km 73 der Nordbahnlinie, östlich derselben am 10. XII. 08. Ebenes, stellenweise sumpfiges Gelände. Fast ohne Humus."

Das Gesamtgewicht der sehr humusarmen, hellgelbgrau gefärbten Probe betrug 870 g. Beim Sieben wurden folgende Korngrößen erhalten:

über 2 mm	28,1 g =	3,2 %
1—2 „	119,9 „ =	13,8 %
0,5—1 „	95,0 „ =	10,9 %
unter 0,5 „ (Feinerde)	627,0 „ =	72,1 %

Bei der Schlämmanalyse von 25,00 g Feinerde ($< 0{,}5$ mm) wurden folgende Zahlen erhalten:

Schlämmgeschwindigkeit

0,2 mm	4,321 g[1]	=	17,3 %
2,0 „	0,653 „	=	2,6 %
7,0 „	3,764 „	=	15,1 %
25,0 „	5,264 „	=	21,0 %
Rückstand	10,998 „	=	44,0 %

Die mechanische Zusammensetzung der Probe ist demnach folgende:

Grand	Sand					Tonhaltige Teile	
über 2 mm	sehr grob 1—2 mm	grob 0,5—1 mm	fein 0,2—0,5 mm	sehr fein 0,1—0,2 mm	0,05—0,1 mm	Staub 0,01—0,05 mm	Feinstes unter 0,01 mm
	13,8	10,9	31,7	15,2	10,8	1,9	12,5
3,2	82,4					14,4	

Die gröberen Teile bestehen auch hier aus Quarz und Feldspat, neben denen nur vereinzelte Konkretionen von Eisenoxyd vorkommen.

Von dieser Erde wurde der in konzentrierter Salzsäure lösliche Anteil bestimmt:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	8,68	9,08
TiO_2	0,40	0,42
Al_2O_3	9,42	9,86
Fe_2O_3	2,20	2,39
MgO	0,14	0,14
CaO	0,03	0,03
Na_2O	0,09	0,10
K_2O	0,17	0,18
P_2O_5	Spuren	Spuren
		22,11

[1] aus der Differenz berechnet.

2,0076 g Sbst.: 0,1742 g SiO_2; 0,2414 g R_2O_3, davon 0,0441 g Fe_2O_3 und 0,0081 g TiO_2; 0,0006 g CaO; 0,0076 $Mg_2P_2O_7$; 0,0090 g NaCl + KCl; 0,0180 g K_2PtCl_6.

1,0056 g Sbst. verloren bei 110° 0,0442 g H_2O und beim Glühen weitere 0,0396 g.

Dies ergibt 4,40 % freies Wasser und 3,94 % oder, auf die bei 110° getrocknete Substanz bezogen, 4,12 % Glühverlust.

Der in Salzsäure unlösliche Rückstand enthielt 0,26 % gebundenes Wasser: 1,2160 g bei 110° getrockneter Substanz verloren beim Glühen 0,0032 g H_2O, entsprechend 0,19 % in der bei 110° getrockneten ursprünglichen Substanz.

In fünfprozentiger Natronlauge lösten sich:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	5,58	5,84
Al_2O_3	4,61	4,82

2,0020 g Sbst.: 0,1118 g SiO_2 und 0,0922 g Al_2O_3.

Aus den Analysenzahlen ergeben sich folgende Molekularverhältnisse:

	in HCl lösl.	in NaOH lösl.
SiO_2	0,1513	0,0973
TiO_2	0,0052	—
Al_2O_3	0,0967	0,0473
Fe_2O_3	0,0144	
MgO	0,0035	—
CaO	0,0005	—
Na_2O	0,0016	—
K_2O	0,0019	—
H_2O	0,2183	—

In dem in Natronlauge löslichen Teil ist demnach auch hier das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ nahezu gleich 1 : 2. Wenn man diese Mengen abzieht, so wird für

den in Salzsäure löslichen Rest das gleiche Verhältnis nahezu wie 1 : 1.

Probe IV.

„Kamerun. Entnommen der forstlichen Probefläche VI bei Muyuka, km 61, linksseitig der Bahnstrecke; ebenes Gelände, steiniger bis kiesiger Lateritlehm, fast humuslos, fest, aber durchlässig. Sehr guter Holzwuchs."

Die Erde enthielt ziemlich viel pflanzliche Reste, hauptsächlich Wurzelfasern und meist schon humifizierte Holzstückchen. Das Gesamtgewicht der Probe betrug 460 g. Durch Sieben wurde sie in folgende Korngrößen zerlegt:

über 2 mm	0,5 g	=	0,1 %
1—2 „	51,8 „	=	11,3 %
0,5—1 „	89,6 „	=	19,5 %
unter 0,5 „ (Feinerde)	318,1 „	=	69,1 %

Beim Schlämmen von 25,00 g Feinerde (< 0,5 mm) wurden folgende Werte erhalten:

Schlämmgeschwindigkeit			
0,2 mm	2,842 g	=	11,4 %
2,0 „	1,072 „	=	4,3 %
7,0 „	1,092 „	=	4,4 %
25,0 „	5,491 „	=	21,9 %
Rückstand	14,503 „	=	58,0 %

Das Ergebnis der mechanischen Analyse des Bodens ist demnach folgendes:

Grand	Sand					Tonhaltige Teile	
über 2 mm	sehr grob 1 - 2 mm	grob 0,5—1 mm	fein 0,2—0,5 mm	sehr fein 0,1 - 0,2 mm	0,05—0,1 mm	Staub 0,01—0,05 mm	Feinstes unter 0,01 mm
	11,3	19,5	40,1	15,2	3,0	2,9	7,9
0,1	89,1					10,8	

Die Hauptmenge macht hier ebenfalls Quarz aus; daneben kommt auch Feldspat vor.

Von dieser Erde wurde der in fünfprozentiger Salzsäure lösliche Teil bestimmt:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	6,41	6,52
Al_2O_3	5,85	5,94
Fe_2O_3	1,00	1,01
MgO	0,03	0,03
CaO	0,03	0,03
K_2O	0,33	0,34
Na_2O	0,36	0,36
P_2O_5	Spuren	Spuren

1,9988 g Sbst : 0,1282 g SiO_2; 0,1368 g R_2O_3, davon 0,0199 g Fe_2O_3; 0,0006 g CaO; 0,0014 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0240 g NaCl + KCl; 0,0342 g K_2PtCl_6.

Die Wasserbestimmung in der ursprünglichen Substanz ergab folgende Zahlen: freies H_2O 1,58 %, auf die bei 110° getrocknete Substanz berechnet 4,80 %; gebundenes H_2O 4,73 %.

0,9988 g verloren beim Erhitzen auf 110° 0,0158 g und beim Glühen weitere 0,0472 g.

In fünfprozentiger Natronlauge lösten sich:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	4,80	4,88
Al_2O_3	3,70	3,76

2,0012 g Sbst.: 0,0960 g SiO_2 und 0,0740 g Al_2O_3.

Aus diesen Analysenzahlen berechnen sich folgende Molekularverhältnisse:

	in HCl lösl.	in NaOH lösl.
SiO_2	0,1087	0,0813
Al_2O_3	0,0583	0,0369
Fe_2O_3	0,0063	—
MgO	0,0007	—
CaO	0,0005	—
Na_2O	0,0058	—
K_2O	0,0036	—

Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ ist auch hier wieder in dem in Natronlauge löslichen Teil annähernd 1 : 2 und nach Abzug dieser Menge für den in Salzsäure löslichen Rest 1 : 1.

Probe V.

„Kamerun. Entnommen der forstlichen Probefläche VII bei Edea am 5./7. I. 09. Nördliches Ufer des Sanaga; eben. Sehr guter Baumwuchs."

Das Gesamtgewicht der Probe betrug 810 g. Beim Sieben wurden folgende Korngrößen erhalten:

über 2 mm		47,2	= 5,8 %
1—2 „		101,0	= 12,4 %
0,5—1 „		63,3	= 7,8 %
unter 0,5 „	(Feinerde)	599,5	= 74,0 %

Die Schlämmanalyse von 25,00 g Feinerde (< 0,5 mm) ergab folgende Zahlen:

Schlämmgeschwindigkeit

0,2 mm	2,802 g	= 11,2 %
2,0 „	0,207 „	= 0,8 %
7,0 „	4,754 „	= 19,0 %
25,0 „	9,994 „	= 40,0 %
Rückstand	7,243 „	= 29,0 %

Die mechanische Analyse des Bodens hatte somit folgendes Ergebnis:

Grand	Sand					Tonhaltige Teile	
über 2 mm	sehr grob 1—2 mm	grob 0,5—1 mm	fein 0,2—0,5 mm	sehr fein 0,1—0,2 mm	0,05—0,1 mm	Staub 0,01—0,05 mm	Feinstes unter 0,01 mm
	12,4	7,8	21,4	29,6	14,1	0,6	8,3
5,8	85,3					8,9	

Auch bei dieser Erde bildet Quarz die Hauptmasse; daneben sind Feldspat und Glimmer, sowie einzelne Bohnerzkörner vorhanden.

Die Bauschanalyse der Feinerde ergab folgende Werte:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	70,39	71,66
TiO_2	0,87	0,88
Al_2O_3	13,59	13,83
Fe_2O_3	5,36	5,45
MgO	0,72	0,73
CaO	0,72	0,74
Na_2O	0,54	0,55
K_2O	0,72	0,74
P_2O_5	—	—
H_2O (geb.)	6,81	6,93
H_2O (110°)	1,77	—
	102,09	101,51

1,0024 g Sbst.: 0,7056 g SiO_2; 0,1986 g R_2O_3, davon 0,0537 g Fe_2O_3 und 0,0087 g TiO_2; 0,0072 g CaO; 0,0200 g $Mg_2P_2O_7$.

0,4996 g Sbst.: 0,0108 g NaCl + KCl; 0,0180 g K_2PtCl_6.

1,0074 g Sbst.: 0,0178 g H_2O bei 110° fortgehend; 0,0686 g weiterer Verlust beim Glühen.

Der in konzentrierter Salzsäure lösliche Teil der Feinerde hatte folgende Zusammensetzung:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	7,07	7,19
TiO_2	0,29	0,30
Al_2O_3	9,40	9,57
Fe_2O_3	4,29	4,37
MgO	0,29	0,30
CaO	0,62	0,63
Alkalien	0,39	0,40

0,9990 g Sbst.: 0,0706 g SiO_2; 0,1396 g R_2O_3, davon 0,0428 g Fe_2O_3 und 0,0029 g TiO_2; 0,0062 g CaO; 0,0080 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0066 g Alkalichloride.

Ferner wurde der in fünfprozentiger Natronlauge lösliche Teil bestimmt:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	4,43	4,51
Al_2O_3	6,22	6,34

2,0016 g Sbst.: 0,0886 g SiO_2; 0,1244 g Al_2O_3.

In dem in Salzsäure unlöslichen Teil war 0,22 % gebundenes H_2O (0,18 % der bei 110° getr. ursprünglichen Substanz) enthalten.

0,4868 g unlöslicher Rückstand verloren beim Glühen 0,0014 g H_2O.

Aus den angeführten Zahlen ist ersichtlich, daß eine verhältnismäßig große Menge Tonerdesilikate durch Natronlauge zersetzt werden. Es erschien daher zweckmäßig, durch Abschlämmen diese anzureichern. Die Feinerde wurde daher im Schöne'schen Apparat bei einer Geschwindigkeit von 2 mm geschlämmt. Das Schlämmprodukt wurde mit fünfprozentiger Salzsäure gekocht und die Lösung analysiert:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	25,23	25,74
TiO_2	0,87	0,89
Al_2O_3	31,70	32,34
Fe_2O_3	13,56	13,84
MgO	Spuren	—
CaO	0,30	0,31
Na_2O	0,51	0,52
K_2O	0,40	0,41
H_2O (geb.)	18,65	19,03
H_2O (110°)	2,00	—

1,0020 g Sbst.: 0,2528 g SiO_2; 0,4622 g R_2O_3, davon 0,1359 g Fe_2O_3 und 0,0087 g TiO_2; 0,0030 g CaO; 0,0160 g KCl + NaCl; 0,0208 g K_2PtCl_6.

1,0018 g Sbst.: 0,0200 g H_2O bei 110° fortgehend; 0,1868 g weiterer Glühverlust.

Aus diesen Analysenzahlen ergeben sich folgende Molekularverhältnisse:

	Bausch-analyse	in HCl lösl.	in NaOH lösl.	abgeschlämmt in HCl lösl.
SiO_2	1,1943	0,1198	0,0752	0,4290
TiO_2	0,0110	0,0037	—	0,0111
Al_2O_3	0,1356	0,0938	0,0622	0,3170
Fe_2O_3	0,0341	0,0273	—	0,0865
MgO	0,0185	0,0075	—	—
CaO	0,0130	0,0112	—	0,0055
Na_2O	0,0089	0,0054	—	0,0052
K_2O	0,0079		—	0,0044
H_2O	0,3850	0,3750	—	1,0578

Der hohe Gehalt an Kieselsäure in der Bauschanalyse ist auf eine erhebliche Menge Quarz zurückzuführen. Für den in Salzsäure löslichen Teil der ursprünglichen wie der abgeschlämmten Erde ist das Verhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2$ ungefähr 3 : 4, während es für den in Natronlauge löslichen Anteil annähernd 4 : 5 ist. Durch das Schlämmen wurden sowohl die Tonerdesilikate wie auch das Eisenoxyd erheblich angereichert.

Probe VI.

„Kamerun. Entnommen der forstlichen Probefläche X, 1 km östlich von Song-bó, 250 m Meereshöhe, am 26. I. 09. Eben; milder, schwach humoser, teilweise nasser Boden, sehr bindig, stellenweise flachgründig, mild, locker. Laterit aus Gneis.“

Die Erde enthielt vereinzelte, nicht humifizierte Wurzelreste. Das Gesamtgewicht der Probe betrug 680 g. Durch Sieben wurde sie in folgende Korngrößen getrennt:

über 2 mm	0,5 g	=	0,1 %
1—2 „	6,7 „	=	1,0 %
0,5—1 „	12,7 „	=	1,9 %
unter 0,5 „ (Feinerde)	660,1 „	=	97,0 %

Beim Schlämmen von 25,00 g Feinerde (< 0,5 mm) wurden folgende Zahlen erhalten:

Schlämmgeschwindigkeit

0,2 mm	8,915 g	=	35,6 %
2,0 „	0,295 „	=	1,2 %
7,0 „	4,510 „	=	18,0 %
25,0 „	8,364 „	=	33,5 %
Rückstand	2,916 „	=	11,7 %

Nach der mechanischen Analyse hat somit der Boden folgende Zusammensetzung:

Grand	Sand					Tonhaltige Teile	
über 2 mm	sehr grob 1—2 mm	grob 0,5—1 mm	fein 0,2—0,5 mm	sehr fein 0,1—0,2 mm	0,05—0,1 mm	Staub 0,01—0,05 mm	Feinstes unter 0,01 mm
	1,0	1,9	11,3	32,5	17,5	1,1	34,6
0,1	54,2					35,7	

Neben Quarz war nur wenig Feldspat vorhanden.

Von dieser Bodenprobe wurde der in konzentrierter Salzsäure lösliche Teil analysiert:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	8,57	8,79
TiO_2	0,28	0,28
Al_2O_3	7,15	7,33
Fe_2O_3	2,27	2,33
MgO	Spuren	Spuren
CaO	0,04	0,04
Na_2O	0,57	0,58
K_2O	0,30	0,30
P_2O_5	—	—
H_2O (geb.)	5,17	5,30
H_2O (110°)	2,44	—

1,9946 g Sbst.: 0,1710 g SiO_2; 0,1934 g R_2O_3, davon 0,0453 g Fe_2O_3 und 0,0055 g TiO_2; 0,0008 g CaO; 0,0306 g NaCl + KCl; 0,0304 g K_2PtCl_6.

0,9988 g Sbst.: 0,0244 g H_2O bei 110° fortgehend; 0,0516 g weiterer Glühverlust.

Der Gehalt an gebundenem Wasser in dem in Salzsäure unlöslichen Teil betrug 0,14% (0,11% der bei 110° getr. ursprünglichen Substanz).

1,2646 g unlöslicher Rükstand verloren beim Glühen 0,0018 g H_2O.

In fünfprozentiger Natronlauge lösten sich aus der Feinerde:

	lufttrocken	b. 110° getr.
SiO_2	4,27	4,38
Al_2O_3	4,27	4,38

1,9954 g Sbst.: 0,0852 g SiO_2 und 0,0852 g Al_2O_3.

Aus den Analysenzahlen ergeben sich folgende Molekularverhältnisse:

	in HCl lösl.	in NaOH lösl.
SiO_2	0,1465	0,0730
TiO_2	0,0055	—
Al_2O_3	0,0719	0,0439
Fe_2O_3	0,0146	—
MgO	—	—
CaO	0,0007	—
Na_2O	0,0094	—
K_2O	0,0032	—
H_2O	0,2944	—

In dem in Natronlauge löslichen Teil ist das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ etwas kleiner, für den Rest des in Salzsäure löslichen Teiles etwas größer als 1 : 2.

Vergleichen wir zum Schluß die Zusammensetzung der verschiedenen Erden nochmals miteinander, so sehen wir, daß sich die aus vulkanischen Gesteinen hervorgegangene Probe I vor allen andern durch ihren hohen Gehalt an löslicher, d. h. in Form leicht zersetzbarer Silikate vorhandener Kieselsäure auszeichnet, der sich nicht nur bei der Zersetzung mit Salzsäure, sondern auch bei der Behandlung mit Natronlauge zu erkennen gibt.

Die übrigen Proben stehen sich trotz mancher Unterschiede im einzelnen, in ihrem Gesamtcharakter doch sehr nahe. Keine von ihnen enthält überschüssige freie Tonerde; keine hat demnach Anspruch auf die Bezeichnung Laterit. Es zeigt sich also auch bei den vorliegenden Untersuchungen wieder, daß durchaus nicht alles, was Laterit genannt wird, auch wirklich ein solcher ist. Die echte Lateritbildung ist jedenfalls auch in den Tropen örtlich beschränkt und besitzt keineswegs die die Ausdehnung, die ihr gewöhnlich zugeschrieben wird.

Die vorstehende Arbeit wurde im chemischen Institut der Universität Freiburg i. Br. (Abt. d. phil. Fak.) auf Veranlassung des Herrn Prof. Dr. Meigen ausgeführt. Herrn Prof. Dr. Meigen bin ich für das große Wohlwollen, das er mir stets bewiesen hat, und für die vielen wertvollen Ratschläge bei der Anfertigung der Arbeit zu stetem, aufrichtigem Danke verpflichtet.